

TK-1-064 改0

平成30年2月1日
日本原子力発電(株)

実例

V-3-3-2-2-1-1-1 管の基本板厚計算書

まえがき

燃料プール冷却浄化系配管は設計基準対象施設においては既設のクラス3管，重大事故等対処設備として重大事故等クラス2管に分類される。

この分類に基づき，添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-6 クラス3管の強度計算方法」並びに「V-3-2-10 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき管の基本板厚評価を実施する。

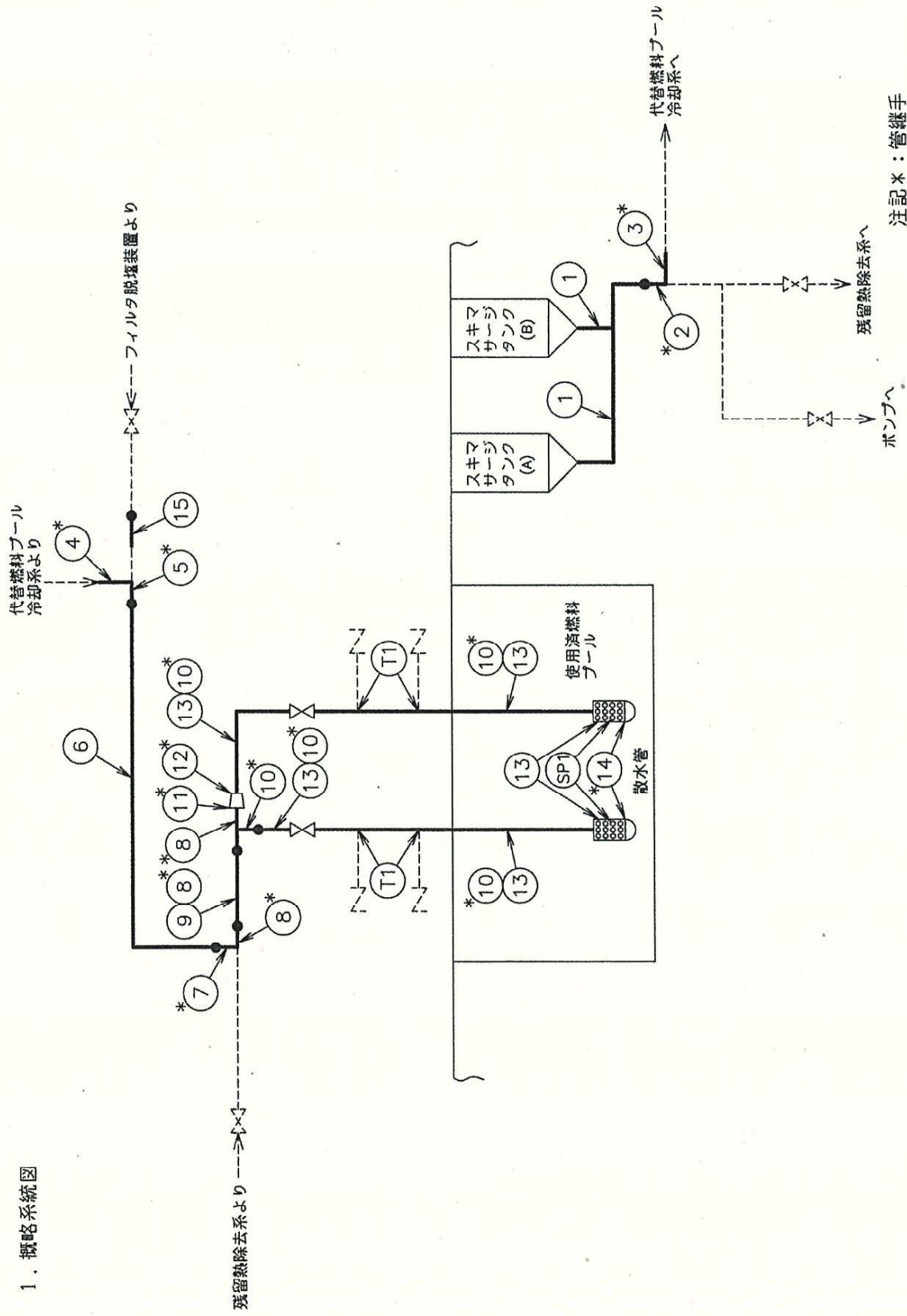
また，燃料プール冷却浄化系配管については，施設時の適用規格が「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和45年9月3日通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）であり，評価にあたっては，「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））＜第1編軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）と告示第501号の比較を行い，いずれか安全側の規格による評価を実施する。

なお，重大事故等クラス2管の材料及び構造については「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成25年6月19日 原規技発第1306194号）第55条に規定されており，クラス2管と同等の評価を実施することから，本計算書においては，条件の厳しい重大事故等クラス2管としての評価を記載する。

目次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2
3. 管の穴と補強計算書	5

1. 概略系統図



2. 管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

告示第501号 第58条 準用

N.O.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
6	1.38	80	216.30	4.00	SUS304TP	W	2	118	0.64	10.0 %	3.60	1.97	A	1.97
7	1.38	80	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	118	1.00	12.5 %	7.17	1.26	A	1.26
8	1.38	80	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	118	1.00	12.5 %	8.13	1.56	A	1.56
9	1.38	80	267.40	4.00	SUS304TP	W	2	118	0.64	10.0 %	3.60	2.43	A	2.43
10	1.38	80	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	118	1.00	12.5 %	6.21	0.97	A	0.97
13	1.38	80	165.20	3.40	SUS304TP	W	2	118	0.64	10.0 %	3.06	1.50	A	1.50
14	1.38	80	165.20	3.40	SUS304	S	2	118	1.00	10.0 %	3.06	0.97	A	0.97

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (重大事故等クラス2管)

設計・建設規格 PPC-3411 準用

N.O.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材	製 法	ク ラス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
1	1.38	80	267.40	9.30	STPT42	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.79	C	3.80
2	1.38	80	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	1.79	C	3.80
3	1.38	80	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	1.45	C	3.80
4	1.38	80	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	125	1.00	12.5 %	6.21	0.91	A	0.91
5	1.38	80	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	125	1.00	12.5 %	7.17	1.19	A	1.19
11	1.38	80	267.40	4.00	SUS304	W	2	125	0.60		3.60	2.45	A	2.45
12	1.38	80	165.20	3.40	SUS304	W	2	125	0.60		3.06	1.51	A	1.51

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

管の強度計算書 (クラス3配管)

設計・建設規格 PPD-3411

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (°C)	外径 D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材 料	製 法	ク ラ ス	S (MPa)	η	Q	t _s (mm)	t (mm)	算 式	t _r (mm)
15	1.38	66	216.30	8.20	SUS304TP	S	3	126	1.00	12.5%	7.17	1.18	A	1.18

評価: $t_s \geq t_r$, よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

告示第501号 第60条（第31条第5項及び第6項） 準用

NO.		T1	A_r (mm ²)	66.65
形式		A	A_0 (mm ²)	262.1
最高使用圧力 P (MPa)		1.38	A_1 (mm ²)	150.3
最高使用温度 (°C)		80	A_2 (mm ²)	30.78
主管と管台の角度 α (°)		90	A_3 (mm ²)	81.00
			A_4 (mm ²)	—
主管材料		SUS304TP	評価： $A_0 > A_r$ よって十分である。	
S_r (MPa)		118		
D_{or} (mm)		165.20		
D_{ir} (mm)		159.08		
t_{ro} (mm)		3.40		
Q_r		10.0%	d_{frD} (mm)	79.54
t_r (mm)		3.06	LAD (mm)	—
t_{rr} (mm)		0.94	LND (mm)	—
η		1.00*	A_{rD} (mm ²)	—
			A_{0D} (mm ²)	—
			A_{1D} (mm ²)	—
管台材料		SUS304TP	A_{2D} (mm ²)	—
S_b (MPa)		118	A_{3D} (mm ²)	—
D_{ob} (mm)		76.30	A_{4D} (mm ²)	—
D_{ib} (mm)		70.90	評価： $d \leq d_{frD}$ よって大穴の補強計算は必要ない。	
t_{bn} (mm)		3.00		
Q_b		10.0%		
t_b (mm)		2.70	W (N)	-9.872×10^3
t_{br} (mm)		0.42	F1	—
			F2	—
強め材材料		—	F3	—
S_e (MPa)		—	SW1 (MPa)	—
D_{oe} (mm)		—	SW2 (MPa)	—
t_e (mm)		—	SW3 (MPa)	—
			We1 (N)	—
穴の径 d (mm)		70.90	We2 (N)	—
K		0.3469	We3 (N)	—
d_{fr} (mm)		55.64	We4 (N)	—
LA (mm)		70.90	We5 (N)	—
LN (mm)		6.75	Webp1 (N)	—
L1 (mm)		9.00	Webp2 (N)	—
L2 (mm)		—	Webp3 (N)	—
			評価： $W \leq 0$ よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

注記*：長手継手の効率 η は0.64であるが、穴と長手継手が重複しないため、補強計算上は η を1.00とする。

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス2管）

設計・建設規格 PPC-3420 準用

NO.	T1	Ar	(mm ²)	69.04	
形式	A	A0	(mm ²)	264.5	
最高使用圧力 P	(MPa)	1.38	A1	(mm ²)	152.4
最高使用温度	(℃)	80	A2	(mm ²)	31.05
主管と管台の角度 α	(°)	90	A3	(mm ²)	81.00
		A4	(mm ²)	—	
主管材料	SUS304TP	評価： A0 > Ar よって十分である。			
Sr	(MPa)				125*
Dor	(mm)				165.20
Dir	(mm)				159.08
tro	(mm)				3.40
Qr		10.0%	dfrD	(mm)	79.54
tr	(mm)	3.06	LAD	(mm)	—
trr	(mm)	0.91	LND	(mm)	—
η		1.00	ArD	(mm ²)	—
			A0D	(mm ²)	—
			A1D	(mm ²)	—
管台材料	SUS304TP	A2D	(mm ²)	—	
Sb	(MPa)	125	A3D	(mm ²)	—
Dob	(mm)	76.30	A4D	(mm ²)	—
Dib	(mm)	70.90	評価： d ≤ dfrD よって大穴の補強計算は必要ない。		
tbn	(mm)	3.00			
Qb		10.0%			
tb	(mm)	2.70			
tbr	(mm)	0.40			
強め材材料	—	W	(N)	-1.099×10 ⁴	
Se	(MPa)	—	F1	—	
Doe	(mm)	—	F2	—	
te	(mm)	—	F3	—	
			SW1	(MPa)	—
			SW2	(MPa)	—
			SW3	(MPa)	—
			We1	(N)	—
穴の径 d	(mm)	70.90	We2	(N)	—
K		0.3275	We3	(N)	—
dfr	(mm)	56.18	We4	(N)	—
LA	(mm)	70.90	We5	(N)	—
LN	(mm)	6.75	Webp1	(N)	—
L1	(mm)	9.00	Webp2	(N)	—
L2	(mm)	—	Webp3	(N)	—
				評価： W ≤ 0 よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。	

注記*：許容引張応力は100MPaであるが、穴と長手継手が重複しないため、補強計算上は許容引張応力を125MPaとする。

管の穴と補強計算書

散水管の穴の強度計算書（重大事故等クラス2管）

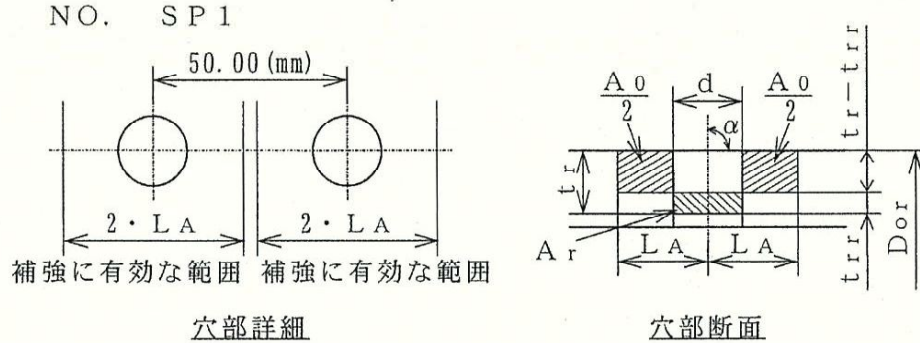


図3-1 穴部詳細及び穴部断面

(1) 告示第501号 第60条（第31条第5項及び第6項）により、穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ

$$\begin{aligned}
 t_{rr} &= \frac{P \cdot D_{ir}}{2 \cdot S_r \cdot \eta - 1.2 \cdot P} \\
 &= \frac{1.38 \times 159.08}{2 \times 118 \times 1.00 - 1.2 \times 1.38} \\
 &= 0.94 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ここで

P	: 最高使用圧力	1.38 (MPa)
	最高使用温度	80 (°C)
D _{ir}	: 主管の内径	159.08 (mm)
S _r	: 最高使用温度における 主管の材料の許容引張応力	118 (MPa)
	主管材料	SUS304TP
η	: 継手の効率	1.00*

注記* : 長手継手の効率ηは0.64であるが、穴と長手継手が重複しないため、補強計算上はηを1.00とする。

b. 穴の補強に必要な面積

$$\begin{aligned}A_r &= d \cdot t_{rr} \cdot F \\ &= 15.00 \times 0.94 \times 1.0 \\ &= 14.10 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここで

d : 断面に現われる穴の径 15.00 (mm)

F : 告示第501号 第31条第6項口(イ)より求められる係数 1.0

c. 穴の補強に有効な面積

$$\begin{aligned}A_o &= (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \\ &= (1.00 \times 3.06 - 1.0 \times 0.94) \times (2 \times 15.00 - 15.00) \\ &= 31.80 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここで

t_{ro} : 主管の公称厚さ 3.40 (mm)

Q_r : 主管の厚さの負の許容差 10.0 (%)

t_r : 主管の最小厚さ 3.06 (mm)

$$t_r = t_{ro} \cdot \left(1 - \frac{Q_r}{100}\right)$$

L_A : 補強に有効な範囲(次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値)

$$L_A = d = 15.00 \text{ mm}$$

$$L_A = \frac{d}{2} + t_r + t_b = 10.56 \text{ mm}$$

(管台無し t_b : 管台の最小厚さ = 0 mm)

よって L_A = 15.00 (mm)

d. 評価

A_o > A_r, よって穴の補強は十分である。

(2) 告示第501号 第31条第6項第3号により、大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{165.20 - 2 \times 3.06}{2} \\ &= 79.54 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b. 評 価

$d \leq d_{frD}$, よって大穴の補強計算は必要ない。

以上より十分である。

管の穴と補強計算書

散水管の穴の強度計算書（重大事故等クラス2管）

NO. SP1

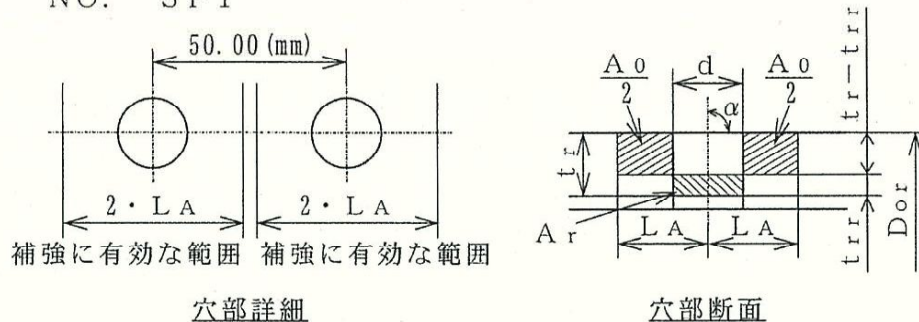


図 3-2 穴部詳細及び穴部断面

(1) 設計・建設規格 PPC-3424 (1) により，穴の補強計算を行う。

a. 主管の計算上必要な厚さ

$$\begin{aligned}
 t_{rr} &= \frac{P \cdot D_{or}}{2 \cdot S_r \cdot \eta + 0.8 \cdot P} \\
 &= \frac{1.38 \times 165.20}{2 \times 125 \times 1.00 + 0.8 \times 1.38} \\
 &= 0.91 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ここで

P	: 最高使用圧力	1.38 (MPa)
	最高使用温度	80 (°C)
D _{or}	: 主管の外径	165.20 (mm)
S _r	: 最高使用温度における 主管の材料の許容引張応力	125* (MPa)
	主管材料	SUS304TP
η	: 継手の効率	1.00

注記* : 許容引張応力は 100MPa であるが，穴と長手継手が重複しないため，補強計算上は許容引張応力を 125MPa とする。

b. 穴の補強に必要な面積

$$\begin{aligned}A_r &= 1.07 \cdot d \cdot t_{rr} \cdot (2 - \sin \alpha) \\ &= 1.07 \times 15.00 \times 0.91 \times (2 - \sin 90^\circ) \\ &= 14.61 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここで

d	: 断面に現われる穴の径	15.00	(mm)
α	: 穴の中心線と主管の中心線との 交角	90	(°)

c. 穴の補強に有効な面積

$$\begin{aligned}A_o &= (\eta \cdot t_r - F \cdot t_{rr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \\ &= (1.00 \times 3.06 - 1.0 \times 0.91) \times (2 \times 15.00 - 15.00) \\ &= 32.25 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここで

t_{ro}	: 主管の公称厚さ	3.40	(mm)
Q_r	: 主管の厚さの負の許容差	10.0	(%)
t_r	: 主管の最小厚さ	3.06	(mm)

$$t_r = t_{ro} \cdot \left(1 - \frac{Q_r}{100}\right)$$

F : 設計・建設規格 PPC-3424 (1) b. より求められる係数 1.0

L_A : 補強に有効な範囲 (次の2つの式より計算したいずれか大きい方の値)

$$L_A = d = 15.00 \text{ mm}$$

$$L_A = \frac{d}{2} + t_r + t_b = 10.56 \text{ mm}$$

(管台無し t_b : 管台の最小厚さ = 0 mm)

よって $L_A = 15.00$ (mm)

d. 評価

$A_o > A_r$, よって穴の補強は十分である。

(2) 設計・建設規格 PPC-3424 (4) により, 大穴の補強の要否の判定を行う。

a. 大穴の補強を要しない限界径

$$\begin{aligned}d_{frD} &= \frac{D_{or} - 2 \cdot t_r}{2} \\ &= \frac{165.20 - 2 \times 3.06}{2} \\ &= 79.54 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b. 評 価

$d \leq d_{frD}$, よって大穴の補強計算は必要ない。

以上より十分である。